



(11) **EP 2 784 601 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
01.10.2014 Bulletin 2014/40

(51) Int Cl.:
G04B 15/14 (2006.01) G04B 17/32 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13161124.6**

(22) Date de dépôt: **26.03.2013**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Etats d'extension désignés:
BA ME

(71) Demandeur: **Montres Breguet SA
1344 L'Abbaye (CH)**

(72) Inventeurs:
• **Zaugg, Alain
1347 Le Sentier (CH)**

• **Sarchi, Davide
1020 Renens (CH)**
• **Karapatis, Nakis
1324 Premier (CH)**

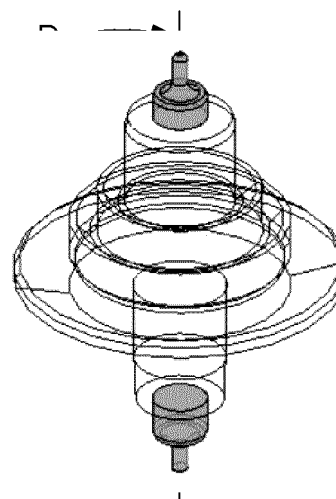
(74) Mandataire: **Giraud, Eric et al
ICB
Ingénieurs Conseils en Brevets SA
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)**

(54) **Arbre de mobile pivotant d'horlogerie**

(57) Arbre (1) de mobile pivotant (10) d'horlogerie,
ledit arbre (1) étant réalisé en une ou plusieurs parties
(2) alignées.

Ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène.

Fig. 6



EP 2 784 601 A1

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un arbre de mobile pivotant d'horlogerie, ledit arbre étant réalisé en une ou plusieurs parties alignées.

[0002] L'invention concerne encore un mobile pivotant d'horlogerie comportant un tel arbre.

[0003] L'invention concerne encore un mécanisme d'horlogerie comportant un tel arbre ou/et un tel mobile, notamment un mécanisme d'échappement.

[0004] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant un tel arbre ou/et un tel mobile ou/et un tel mécanisme.

[0005] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant un tel arbre ou/et un tel mobile, ou/et un tel mécanisme, ou/et un tel mouvement.

[0006] L'invention concerne le domaine des mécanismes d'horlogerie, en particulier le domaine des organes réglants, en particulier pour des montres mécaniques.

Arrière-plan de l'invention

[0007] L'organe réglant d'une montre mécanique est constitué par un oscillateur harmonique, le balancier-spiral, dont la fréquence propre d'oscillation dépend principalement de l'inertie du balancier et de la rigidité élastique du spiral.

[0008] Les oscillations du balancier-spiral, autrement amorties, sont entretenues par les impulsions fournies par un échappement généralement composé par un ou deux mobiles pivotants. Dans le cas de l'échappement à ancre suisse, ces mobiles pivotants sont l'ancre et la roue d'échappement. La marche de la montre est déterminée par la fréquence du balancier-spiral et par la perturbation générée par l'impulsion de l'échappement, qui généralement ralentit l'oscillation propre du balancier-spiral et donc provoque un retard de marche.

[0009] La marche de la montre est donc perturbée par tous les phénomènes qui peuvent altérer la fréquence propre du balancier-spiral et/ou la dépendance temporelle de l'impulsion fournie par l'échappement.

[0010] En particulier, suite à l'exposition transitoire d'une montre mécanique à un champ magnétique, des défauts de marche (liés à l'effet résiduel du champ) sont généralement observés. L'origine de ces défauts est la magnétisation permanente des composants ferromagnétiques fixes du mouvement ou de l'habillage et la magnétisation permanente ou transitoire des composants magnétiques mobiles faisant partie de l'organe réglant (balancier-spiral) et/ou de l'échappement.

[0011] Après l'exposition au champ, les composants mobiles (balancier, spiral, échappement) magnétisés ou perméables magnétiquement sont soumis à un couple magnétostatique et/ou à des forces magnétostatiques. En principe, ces interactions modifient la rigidité appa-

rente du balancier-spiral, la dynamique des mobiles d'échappement et les frottements. Ces modifications produisent un défaut de marche qui peut aller de quelques dizaines à quelques centaines de secondes par jour.

[0012] L'interaction du mouvement horloger avec le champ externe, lors de l'exposition, peut aussi mener à l'arrêt du mouvement. En principe, l'arrêt sous champ et le défaut de marche résiduel ne sont pas corrélés, parce que l'arrêt sous champ dépend de l'aimantation transitoire, sous-champ, des composants (et donc de la perméabilité et du champ de saturation des composants), tandis que le défaut de marche résiduel dépend de l'aimantation résiduelle (et donc, principalement, du champ coercitif des composants) qui peut être faible même en présence d'une perméabilité magnétique importante.

[0013] Après l'introduction des spiraux fabriqués en matériaux très faiblement paramagnétiques (par exemple, en silicium), le spiral n'est plus responsable du défaut de marche des montres. Les perturbations magnétiques encore observables pour des champs d'aimantation inférieurs à 1,5 Tesla sont donc dues à l'aimantation de l'arbre de balancier et à l'aimantation des mobiles d'échappement.

[0014] Le corps d'ancre et la roue d'échappement peuvent être fabriqués en matériaux très faiblement paramagnétiques, sans que leur performance mécanique en soit affectée. Au contraire, les arbres des mobiles nécessitent de très bonnes performances mécaniques (bonne tribologie, faible fatigue) pour permettre un pivotement optimal et constant dans le temps, et il est donc préférable de les fabriquer en acier trempable (typiquement en acier au carbone de type 20AP ou similaire). Or de tels aciers sont des matériaux sensibles aux champs magnétiques parce qu'ils présentent un champ de saturation élevé combiné à un champ coercitif élevé. Les arbres de balancier, ancre et roue d'échappement sont actuellement les composants les plus critiques face aux perturbations magnétiques de la montre.

Résumé de l'invention

[0015] L'invention se propose de limiter l'interaction magnétique sur les arbres des mobiles d'un mécanisme horloger, au sein d'un mouvement incorporé à une pièce d'horlogerie, notamment une montre.

[0016] A cet effet, l'invention concerne un arbre de mobile pivotant d'horlogerie, ledit arbre étant réalisé en une ou plusieurs parties alignées, **caractérisé en ce que** ledit arbre est magnétiquement inhomogène.

[0017] Selon une caractéristique de l'invention, ledit arbre est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre de façon radiale par rapport audit axe de pivotement.

[0018] Selon une caractéristique de l'invention, ledit arbre est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre

de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport audit axe de pivotement.

[0019] L'invention concerne encore un mobile pivotant d'horlogerie comportant un tel arbre.

[0020] L'invention concerne encore un mécanisme d'horlogerie comportant un tel arbre ou/et un tel mobile, notamment un mécanisme d'échappement.

[0021] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant un tel arbre ou/et un tel mobile ou/et un tel mécanisme.

[0022] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant un tel arbre ou/et un tel mobile, ou/et un tel mécanisme, ou/et un tel mouvement.

Description sommaire des dessins

[0023] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- la figure 1 représente, sous forme d'un schéma tridimensionnel, une première variante d'arbre de mobile selon l'invention, comportant une zone centrale de propriétés magnétiques intrinsèques différentes de celles de la zone périphérique qui entoure cette zone centrale axée sur l'axe de pivotement du mobile ;
- la figure 2 représente, de façon schématisée, en vue en coupe et avec une coloration grisée d'autant plus intense que le champ rémanent est élevé, un arbre homogène de l'art antérieur après son exposition à un champ magnétique ;
- la figure 3 représente, de façon schématisée et similaire à la figure 2, l'arbre de la figure 1, avec un champ rémanent concentré sur sa zone centrale et axiale ;
- la figure 4 illustre, sous forme d'un graphe, la comparaison des couples magnétiques exercés sur ces deux modèles d'arbres de balancier de la figure 2 et de la figure 3, le graphe G2 correspondant à l'arbre homogène de la figure 2 est représenté en trait interrompu, et le graphe G3 correspondant à l'arbre inhomogène selon l'invention est représenté en trait continu. En abscisse figure l'angle en degrés, et en ordonnée le couple exercé sur le balancier, en mN.mm ;
- la figure 5 illustre, sous forme d'un graphe, la comparaison des couples magnétiques exercés sur ces deux modèles d'arbres de balancier de la figure 2 et de la figure 3, comparés au couple de rappel du spiral et au couple appliqué au balancier par l'ancre. Le graphe G2 correspondant à l'arbre homogène de la

figure 2 est représenté en trait interrompu, et le graphe G3 correspondant à l'arbre inhomogène selon l'invention est représenté en trait continu. Le trait mixte interrompu G4 représente le couple de rappel exercé par le spiral. Le couple d'entretien, appliqué au balancier par l'ancre, est représenté sous la forme d'une horizontale G5 en trait pointillé.

- la figure 6 représente, de façon similaire à la figure 1, une deuxième variante d'arbre de mobile selon l'invention, comportant une partie médiane de propriétés magnétiques intrinsèques différentes de celles de deux zones d'extrémité qui entourent cette partie médiane, de part et d'autre selon la direction de l'axe de pivotement du mobile ;
- la figure 7 représente, de façon analogue à la figure 3, la répartition du champ rémanent sur l'arbre de la figure 6, avec un champ rémanent concentré sur ses deux zones d'extrémité axiales ;
- la figure 8 représente, sous forme d'un schéma-blocs, une pièce d'horlogerie, comportant un mouvement comportant un mécanisme comportant un mobile équipé d'un arbre selon l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0024] L'invention vise à limiter l'interaction magnétique sur les arbres 1 des mobiles 10 d'un mécanisme horloger 20, au sein d'un mouvement 30 incorporé à une pièce d'horlogerie 40, notamment une montre, et, en particulier pour les organes d'entretien (échappement) et de régulation (balancier-spiral) qui constituent une application préférée, sur les arbres du balancier, de l'ancre et de la roue d'échappement.

[0025] L'invention est décrite ici pour cette seule application aux organes d'entretien (échappement) et de régulation (balancier-spiral). L'homme du métier, constructeur horloger, saura l'extrapoler à d'autres mécanismes.

[0026] L'invention peut permettre à des montres avec spiral, corps d'ancre et roue d'échappement amagnétiques de résister, sans s'arrêter, à des champs magnétiques de l'ordre de un Tesla, et sans que les performances mécaniques (chronométrie et vieillissement des mobiles) soient affectées.

[0027] L'invention permet de réduire l'effet résiduel des montres avec spiral, corps d'ancre et roue d'échappement amagnétiques à moins de une seconde par jour.

[0028] La géométrie de l'arbre d'un balancier est généralement plus complexe que la géométrie de la tige d'ancre, et que celle de l'arbre de la roue d'échappement. Deux variantes alternatives, non limitatives, exploitant le même principe sont illustrées pour le cas d'un arbre de balancier. Leur généralisation au cas de la tige d'ancre et de la roue d'échappement, ou à d'autres mobiles, sera évidente à l'homme du métier.

[0029] Par convention, on appelle, dans la présente description « axe » un élément géométrique virtuel tel qu'un axe de pivotement, et « arbre » un élément mécanique réel, réalisé en une ou plusieurs parties. Par exemple, une paire de pivots 2A et 2B alignés et rapportés de part et d'autre d'une partie médiane 6 d'un mobile 10, pour le guider en pivotement est aussi dénommée « arbre ».

[0030] Dans la suite de l'exposé, on définit par matériaux « perméables magnétiquement », des matériaux qui ont une perméabilité relative comprise entre 10 et 10000, comme des aciers, qui ont une perméabilité relative voisine de 100 pour des arbres de balanciers par exemple, ou voisine de 4000 pour les aciers utilisés couramment dans les circuits électriques, ou encore d'autres alliages dont la perméabilité relative atteint des valeurs de 8000 à 10000.

[0031] On appellera matériaux « magnétiques », par exemple dans le cas de masses polaires, des matériaux aptes à être aimantés de façon à présenter un champ rémanent compris entre 0,1 et 1,5 Tesla, comme par exemple le « Neodymium Iron Boron » d'une densité d'énergie magnétique E_m voisine de 512 kJ/m³ et donnant un champ rémanent de 0,5 à 1.3 Tesla. Un niveau de champ rémanent inférieur, vers la partie inférieure de la fourchette peut être utilisé en cas de combinaison, dans un couple d'aimantation, d'un tel matériau magnétique avec un composant antagoniste perméable magnétiquement de perméabilité élevée, plus proche de 10000, dans la fourchette de 100 à 10000.

[0032] On appellera matériaux « ferromagnétiques » des matériaux dont les caractéristiques sont : champ de saturation $B_s > 0$ à la température $T = 23^\circ\text{C}$, champ coercitif $H_c > 0$ à la température $T = 23^\circ\text{C}$, perméabilité magnétique maximale $\mu_R > 2$ à la température $T = 23^\circ\text{C}$, température de Curie $T_c > 60^\circ\text{C}$. Plus particulièrement, on qualifiera de « faiblement ferromagnétiques » ceux dont les caractéristiques sont : champ de saturation $B_s < 0,5$ T à la température $T = 23^\circ\text{C}$, champ coercitif $H_c < 1'000$ kA/m à la température $T = 23^\circ\text{C}$, perméabilité magnétique maximale $\mu_R < 10$ à la température $T = 23^\circ\text{C}$, température de Curie $T_c > 60^\circ\text{C}$.

[0033] Plus particulièrement, on qualifiera de « fortement ferromagnétiques » ceux dont les caractéristiques sont : champ de saturation $B_s > 1$ T à la température $T = 23^\circ\text{C}$, champ coercitif $H_c > 3'000$ kA/m à la température $T = 23^\circ\text{C}$, perméabilité magnétique maximale $\mu_R > 50$ à la température $T = 23^\circ\text{C}$, température de Curie $T_c > 60^\circ\text{C}$.

[0034] On appellera matériaux « paramagnétiques » des matériaux de perméabilité magnétique relative comprise entre 1.0001 et 100, par exemple pour des entretoises interposées entre un matériau magnétique et un composant antagoniste perméable magnétiquement, ou encore entre deux matériaux magnétiques, par exemple une entretoise entre un composant et une masse polaire. Par exemple, des matériaux faiblement paramagnétiques sont : aluminium, or, laiton ou similaire (perméabi-

lité magnétique inférieure à 2).

[0035] On appellera matériaux « diamagnétiques » des matériaux de perméabilité magnétique relative inférieure à 1 (susceptibilité magnétique négative, inférieure ou égale à -10^{-5}), tels que graphite ou graphène.

[0036] On appellera enfin matériaux « magnétiques doux », pour ne pas dire amagnétiques, notamment pour des blindages, des matériaux ayant une perméabilité élevée mais une haute saturation, car on ne veut pas qu'ils soient aimantés de manière permanente: ils doivent conduire le mieux possible le champ, de manière à réduire le champ à leur extérieur. De tels composants peuvent alors protéger aussi un système magnétique des champs externes. Ces matériaux sont choisis de préférence de perméabilité magnétique relative comprise entre 50 et 200, et avec un champ de saturation supérieur à 500 A/m.

[0037] Des matériaux qualifiés d'« amagnétiques », ont quant à eux une perméabilité magnétique relative très légèrement supérieure à 1, et inférieure à 1.0001, comme typiquement le silicium, le diamant, le palladium et similaires. Ces matériaux peuvent en général être obtenus par des technologies MEMS ou par le procédé « LIGA ».

[0038] Ainsi, l'arbre 1 de mobile pivotant 10 d'horlogerie est réalisé en une ou plusieurs parties 2, qui sont alors alignées sur un axe de pivotement D.

[0039] Selon l'invention, cet arbre 1 est magnétiquement inhomogène.

[0040] Notamment, cet arbre 1 est magnétiquement inhomogène, avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques de cet arbre 1, soit selon la direction axiale de l'axe de pivotement D de l'arbre 1, soit de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport à cet axe de pivotement D, soit à la fois selon la direction axiale de l'axe de pivotement D et de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport à cet axe de pivotement D.

[0041] L'arbre 1 est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques de façon radiale par rapport à l'axe de pivotement D.

[0042] Dans une réalisation préférée, cette variation des propriétés magnétiques intrinsèques de l'arbre 1 est faite de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport à l'axe de pivotement D.

[0043] Par « arbre inhomogène dans la direction radiale », on entend ici que les propriétés magnétiques de l'arbre varient selon la direction radiale, du centre de l'arbre vers la périphérie (tandis que l'arbre peut être, ou non, magnétiquement homogène selon la direction axiale).

[0044] Seule la matière située au coeur de l'arbre, dans une zone dite ci-après zone centrale 3, c'est-à-dire au voisinage de l'axe de pivotement D, présente un champ de saturation élevé ($B_s > 1$ T), une perméabilité magnétique μ_R maximale supérieure à 50, et un champ coercitif H_c supérieur à 3 kA/m (toutes ces propriétés sont typiques de l'acier 20AP utilisé préférentiellement pour les arbres pivotants à cause des bonnes performances méca-

riques). Naturellement, en cas d'emploi d'autres matériaux, ces valeurs seuils sont à adapter par des essais de routine.

[0045] Tandis que la matière en périphérie de l'arbre, dans une zone dite ci-après zone périphérique 4, est, soit faiblement paramagnétique, soit ferromagnétique avec un faible champ de saturation ($B_s < 0,5 \text{ T}$), une faible perméabilité magnétique maximale $\mu_R < 10$, et un faible champ coercitif.

[0046] Un schéma de cette solution est montré en figure 1, qui est un schéma tridimensionnel de la première variante. L'arbre 1 de balancier est composé d'une zone centrale 3 fortement ferromagnétique (grisée) et d'une zone périphérique 4 paramagnétique ou faiblement ferromagnétique (en blanc).

[0047] Dans ce cas les deux régions (fortement ferromagnétique en zone centrale 3, et faiblement paramagnétique en zone périphérique 4) sont précisément séparées par une zone d'interface 7 abrupte : l'interface entre les deux régions 3 et 4 peut toutefois avoir une largeur finie, en correspondance d'un gradient régulier des propriétés magnétiques, sans que les résultats en soient affectés. La région fortement ferromagnétique en zone centrale 3 au coeur de l'arbre 1 est de préférence contenue dans un cylindre de rayon inférieur à 100 micromètres (et centré sur l'axe de pivotement D) pour atteindre les performances souhaitées.

[0048] En pratique, l'inhomogénéité magnétique décrite ici peut être obtenue en combinant deux matériaux différents (par brasure, soudure ou dépôt d'un matériau sur l'autre), ou bien, dans le cas où un alliage est utilisé (par exemple, acier carbone), par le traitement thermique ou sous champ électrique ou magnétique de tout ou partie du composant fini.

[0049] La figure 2 montre l'art antérieur, sous la forme d'un arbre 1 de balancier classique, homogène, en acier 20 AP. Cette figure illustre le champ rémanent, après aimantation à 0,2 T. Lors de cette aimantation, cet arbre est soumis à un champ externe de 0,2 T orienté dans la direction orthogonale à l'axe de pivotement, l'arbre est magnétisé dans tout son volume, son champ rémanent étant compris entre 0,3 T et 0,6 T, comme le montre la figure 2 qui fait apparaître :

- en grisé foncé les zones avec un champ rémanent de 0,6T ;
- en grisé moyen les zones avec un champ rémanent de l'ordre de 0,2 à 0,4T ;
- et en gris très clair ou en blanc les zones avec un champ rémanent inférieur à 0,2T.

[0050] L'aimantation est supérieure en correspondance du rayon maximum de l'arbre.

[0051] La figure 3 montre le champ rémanent d'un arbre 1 de balancier inhomogène radialement selon la première variante de l'invention. Cet arbre 1 a la même géométrie

que celui de la figure 2, mais seul le coeur, en zone centrale 3, est en acier 20 AP, tandis que sa périphérie, en zone périphérique 4, est faiblement paramagnétique. L'arbre est soumis à un champ externe de 0,2 T orienté dans la direction orthogonale à l'axe de pivotement D. Le champ rémanent est d'environ 0,4 T et concentré dans le coeur en zone centrale 3.

[0052] Quand la pièce d'horlogerie est soumise à l'action d'un champ magnétique externe, pendant l'oscillation du balancier-spiral, l'arbre aimanté du balancier est soumis à un couple magnétique qui tend à l'orienter dans la direction du champ externe. Le moment de ce couple peut être suffisamment élevé pour arrêter le mouvement de ce balancier-spiral.

[0053] A cause de l'aimantation très différenciée, l'arbre homogène de la figure 2 est soumis à un couple magnétique, dont le moment est plus de 10 fois supérieur à celui qui est appliqué à l'arbre inhomogène de la figure 3. En effet, l'arbre 1 selon l'invention comporte une zone de champ rémanent sur un très faible rayon, alors que dans l'art antérieur les zones de champ rémanent élevé sont précisément dans les zones de plus grand rayon.

[0054] L'arrêt du mouvement a lieu si le couple agissant sur l'arbre est supérieur au couple de rappel exercé par le spiral pour des angles inférieurs à l'angle de levée, et au couple d'entretien appliqué par l'ancre au balancier. Ces deux couples, obtenus pour des paramètres typiques, sont comparés au couple magnétique agissant sur l'arbre homogène et sur l'arbre inhomogène, sur le graphique de la figure 5.

[0055] La figure 4 illustre la comparaison des couples magnétiques exercés sur ces deux modèles d'arbres de balancier: le graphe G2 correspondant à l'arbre homogène de la figure 2 est représenté en trait interrompu, et le graphe G3 correspondant à l'arbre 1 inhomogène selon l'invention (première variante de la figure 3, ou deuxième variante de la figure 7 exposée plus loin) est représenté en trait continu. En abscisse figure l'angle en degrés, et en ordonnée le couple exercé sur le balancier, en mN.mm. Dans les deux cas, le couple varie sinusoidalement avec l'angle de rotation du balancier-spiral (ici le zéro est fixé de manière arbitraire).

[0056] L'arbre homogène de la figure 2 est soumis à un couple magnétique largement supérieur au couple du spiral et au couple d'entretien. Dans ce cas, le balancier-spiral sera donc arrêté pour un champ inférieur à 0,2 T.

[0057] L'arbre 1 inhomogène selon la première variante de l'invention est soumis à un couple inférieur au couple exercé par le spiral dans l'angle de levée ($< 30^\circ$) et au couple d'entretien. Dans ce cas, le balancier-spiral ne sera pas arrêté sous un champ de 0,2 T.

[0058] La figure 5 illustre la comparaison des couples magnétiques sur un arbre de balancier, homogène selon l'art antérieur, et inhomogène selon l'invention (première variante, ou deuxième variante exposée plus loin), imposé par un champ externe de 0,2 T, comparé au couple de rappel du spiral et au couple appliqué au balancier par l'ancre. De la même façon que la figure 4, la figure

5 illustre la comparaison, sur une faible amplitude angulaire, des couples magnétiques exercés sur ces deux modèles d'arbres de balancier: le graphe G2 correspondant à l'arbre homogène est représenté en trait interrompu, et le graphe G3 correspondant à l'arbre inhomogène est représenté en trait continu. Le trait mixte interrompu G4 représente le couple de rappel exercé par le spiral. Le couple d'entretien, appliqué au balancier par l'ancre, est représenté sous la forme d'une horizontale G5 en trait pointillé.

[0059] A la suite de l'aimantation de la montre, l'arbre 1 du balancier 10 se trouve immergé dans le champ magnétique créée par les composants ferromagnétiques fixes du mouvement 30, ou/et de la pièce d'horlogerie 40, dont il fait partie. L'arbre 1 est alors soumis à un couple similaire à celui qui est montré en figure 4, mais de moment plus faible. Ce couple de perturbation est responsable du défaut de marche résiduel. Un mouvement équipé d'un arbre 1 inhomogène selon la première variante de l'invention est donc affecté d'un défaut de marche qui est entre 3 et 10 fois inférieur à celui qui affecte un mouvement équipé d'un arbre homogène traditionnel.

[0060] La deuxième variante de l'invention concerne un arbre qui est inhomogène dans la direction axiale, parallèle à l'axe de pivotement de l'arbre.

[0061] L'inhomogénéité des propriétés magnétiques est cette fois réalisée dans la direction axiale. Les extrémités 2 de l'arbre 1, constituées par les pivots 2A et 2B, qui doivent avoir des propriétés mécaniques optimales, sont généralement en matériaux magnétiques, tandis que la partie médiane 6 de l'arbre 1 est en matériau faiblement paramagnétique.

[0062] La longueur (dans la direction axiale) cumulée des parties magnétiques de l'arbre 1 est avantageusement inférieure à un tiers de la longueur totale de l'arbre 1.

[0063] La différence de longueur entre les parties magnétiques est avantageusement maintenue inférieure à 10%.

[0064] Cette deuxième variante est schématisée sur la figure 6, sur laquelle de préférence seuls les pivots 2A et 2B sont en matériau ferromagnétique.

[0065] L'arbre 1 de la figure 6 comporte, selon la direction de l'axe de pivotement D, une partie médiane 6 entourée de part et d'autre par deux zones d'extrémité 8,. Et seules ces zones d'extrémité 8, réalisées de préférence en acier à pivots, présentent un champ de saturation élevé de valeur B_s supérieure à 1 T, une perméabilité magnétique maximale μ_R supérieure à 50, et un champ coercitif H_c supérieur à 3 kA/m. Tandis que la matière dans la partie médiane 6 est, soit faiblement paramagnétique, soit ferromagnétique avec un faible champ de saturation B_s de valeur inférieure à 0,5 T, une faible perméabilité magnétique maximale μ_R inférieure à 10, et un faible champ coercitif.

[0066] Comme pour la première variante, le champ rémanent est inférieur (et plus localisé) que dans le cas d'un arbre homogène selon la figure 2, comme le montre

la figure 7.

[0067] Cette figure 7 représente le champ rémanent, après aimantation à 0,2 T, d'un arbre 1 de balancier inhomogène selon la deuxième variante de l'invention. Les pivots sont en acier 20 AP. La partie médiane 6 est faiblement paramagnétique.

[0068] Le couple agissant sur l'arbre 1 dans ce cas est équivalent à celui obtenu pour la première variante (figure 4 et figure 5).

[0069] En pratique, comme pour la première variante, l'inhomogénéité magnétique souhaitée peut être obtenue en combinant deux matériaux différents (par brasure, soudure ou dépôt d'un matériau sur l'autre) ou, dans le cas où un alliage est utilisé (par exemple, acier carbone), par le traitement thermique ou sous champ électrique ou magnétique de tout ou partie du composant fini.

[0070] Il est encore possible de panacher la première et la deuxième variante, l'arbre 1 est alors magnétiquement inhomogène avec une variation de ses propriétés magnétiques intrinsèques à la fois selon la direction axiale de l'axe de pivotement D et de façon radiale par rapport à cet axe de pivotement D.

[0071] Dans l'une ou l'autre de ces variantes, l'invention est de réalisation aisée et peu coûteuse, puisque, en pratique, une simple réalisation bimatière permet d'obtenir le résultat souhaité. Par exemple une exécution selon la première variante avec une serge de balancier constituant la zone périphérique 4 qui est réalisée, selon l'inertie recherchée, en aluminium, or, laiton ou similaire, tandis que la zone centrale 3 est réalisé sous forme d'un barreau en acier 20AP ou similaire : un balancier de faible inertie est obtenu avec une serge en alliage léger, notamment d'aluminium, facile à usiner et à percer de part en part, et un noyau en acier brut d'étrépage ou de tréfilage, ou encore décolleté, d'un diamètre inférieur à 100 micromètres. De façon similaire, un balancier selon la deuxième variante et à très faible inertie comporte une partie médiane 6 usinée en alliage d'aluminium et comportant à ses extrémités axiales deux logements pour le chassage de pivots 2A et 2B en acier à pivots.

[0072] L'invention concerne encore un mobile pivotant 10 d'horlogerie comportant un arbre 1 selon l'invention.

[0073] L'invention concerne encore un mécanisme 20 d'horlogerie comportant un tel arbre 1 ou/et un tel mobile 10, notamment un mécanisme d'échappement.

[0074] L'invention concerne encore un mouvement 30 d'horlogerie comportant un tel arbre 1 ou/et un tel mobile 10 ou/et un tel mécanisme 20.

[0075] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie 40, notamment une montre, comportant un tel arbre 1 ou/et un tel mobile 10, ou/et un tel mécanisme 20, ou/et un tel mouvement 30.

[0076] L'invention, dans l'une ou l'autre de ses variantes, présente d'importants avantages :

- intensité du champ d'arrêt sous-champ augmentée pour les montres avec spiral, corps d'ancre et roue d'échappement amagnétique ; ceci signifie qu'une

montre devrait être soumise à des champs magnétiques beaucoup plus élevés que ceux que peut rencontrer l'utilisateur dans sa vie normale, avant de risquer une perturbation risquant de mener à l'arrêt du mouvement ;

- effet résiduel réduit pour les montres avec spiral, corps d'ancre et roue d'échappement amagnétique ;
- performances mécaniques identiques aux montres de l'état actuel de la technique, puisque les surfaces de contact tribologiques continuent à être réalisées dans des matériaux validés pour ces applications.

Revendications

1. Arbre (1) de mobile pivotant (10) d'horlogerie, ledit arbre (1) étant réalisé en une ou plusieurs parties (2) alignées, **caractérisé en ce que** ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène.
2. Arbre (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène, avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre (1), soit selon la direction axiale de l'axe de pivotement (D) dudit arbre (1), soit de façon radiale par rapport audit axe de pivotement (D), soit à la fois selon la direction axiale de l'axe de pivotement (D) dudit arbre (1) et de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport audit axe de pivotement (D).
3. Arbre (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre (1) de façon radiale par rapport audit axe de pivotement (D).
4. Arbre (1) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre (1) de façon radiale avec une symétrie de révolution par rapport audit axe de pivotement (D).
5. Arbre (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre (1) selon la direction axiale de l'axe de pivotement (D) dudit arbre (1).
6. Arbre (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit arbre (1) est magnétiquement inhomogène avec une variation des propriétés magnétiques intrinsèques dudit arbre (1) à la fois selon la direction axiale de l'axe de pivotement (D) dudit arbre (1) et de façon radiale par rapport audit axe de pivotement

(D).

7. Arbre (1) selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce que** seule la matière située au coeur dudit arbre (1), dans une zone centrale (3) au voisinage de l'axe de pivotement (D) dudit arbre (1) réalisée en acier, présente un champ de saturation élevé de valeur (Bs) supérieure à 1 T, une perméabilité magnétique maximale μ_R supérieure à 50, et un champ coercitif (Hc) supérieur à 3 kA/m, tandis que la matière dans une zone périphérique (4) dudit arbre (1), est, soit faiblement paramagnétique, soit ferromagnétique avec un faible champ de saturation (Bs) de valeur inférieure à 0,5 T, une faible perméabilité magnétique maximale (μ_R) inférieure à 10, et un faible champ coercitif.
8. Arbre (1) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la région fortement ferromagnétique de ladite zone centrale (3) au coeur dudit arbre (1) est contenue dans un cylindre de rayon inférieur à 100 micromètres et centré sur ledit axe de pivotement (D) dudit arbre (1).
9. Arbre (1) selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'il** comporte, selon la direction dudit axe de pivotement (D), une partie médiane (6) entourée de part et d'autre par deux zones d'extrémité (8), et que seules lesdites zones d'extrémité (8), réalisées en acier, présentent un champ de saturation élevé de valeur (Bs) supérieure à 1 T, une perméabilité magnétique maximale μ_R supérieure à 50, et un champ coercitif (Hc) supérieur à 3 kA/m, tandis que la matière dans ladite partie médiane (6) dudit arbre (1), est, soit faiblement paramagnétique, soit ferromagnétique avec un faible champ de saturation (Bs) de valeur inférieure à 0,5 T, une faible perméabilité magnétique maximale (μ_R) inférieure à 10, et un faible champ coercitif.
10. Arbre (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** son inhomogénéité magnétique est obtenue, ou bien par combinaison de deux matériaux différents par brasure, soudure ou dépôt d'un matériau sur l'autre, ou bien par utilisation d'un alliage soumis à un traitement thermique ou à l'action d'un champ électrique ou magnétique sur tout ou partie dudit arbre (1) ou dudit mobile (10).
11. Mobile pivotant (10) d'horlogerie comportant un dit arbre 1 selon l'une quelconque des revendications précédentes.
12. Mécanisme (20) d'horlogerie comportant un dit arbre (1) selon l'une des revendications 1 à 10 ou/et un dit mobile (10) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il** est un mécanisme d'échappement.

13. Mouvement (30) d'horlogerie comportant un dit arbre (1) selon l'une des revendications 1 à 10 ou/et un dit mobile (10) selon la revendication 11 ou/et un dit mécanisme (20) selon la revendication précédente.

5

14. Pièce d'horlogerie (40) ou montre, comportant un dit arbre (1) selon l'une des revendications 1 à 10 ou/et un dit mobile (10) selon la revendication 11, ou/et un dit mécanisme (20) selon la revendication 12, ou/et un ledit mouvement (30) selon la revendication précédente.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

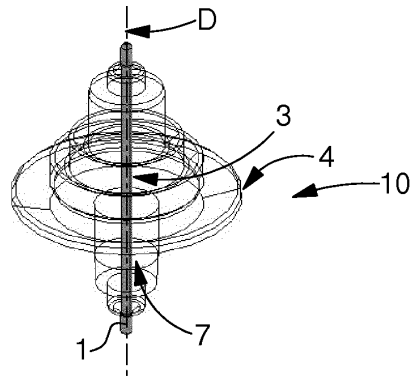


Fig. 2

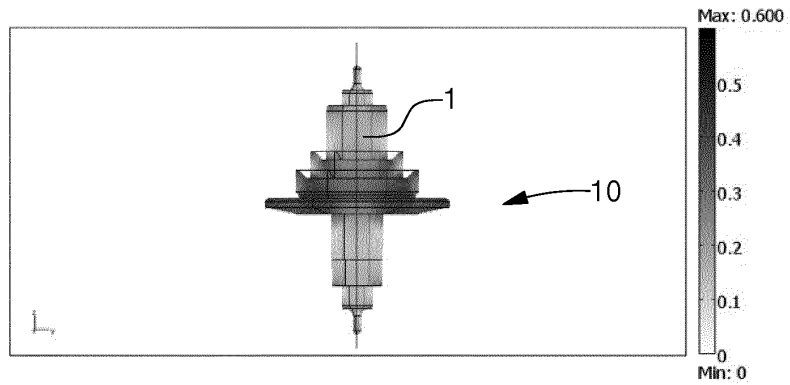


Fig. 3

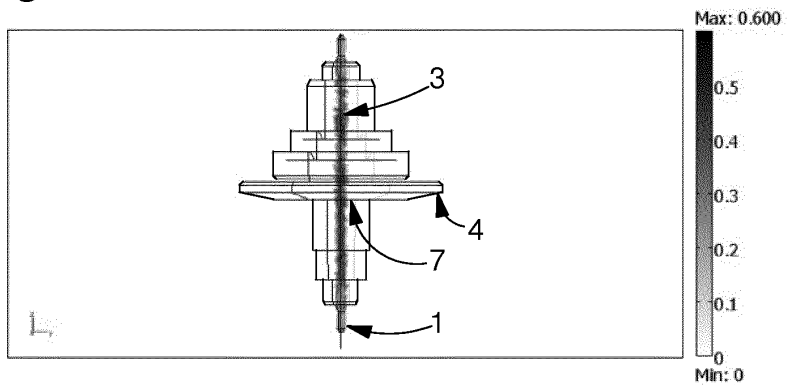


Fig. 8

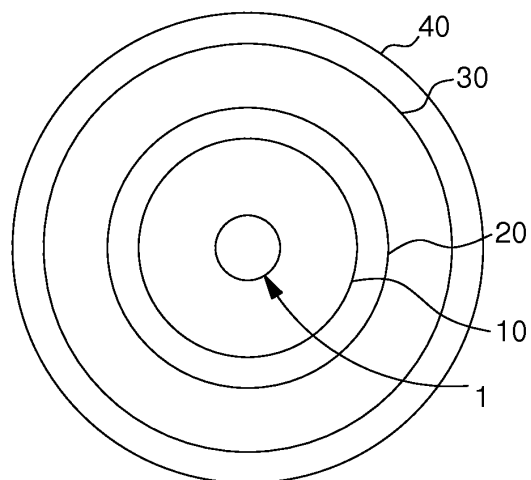


Fig. 4

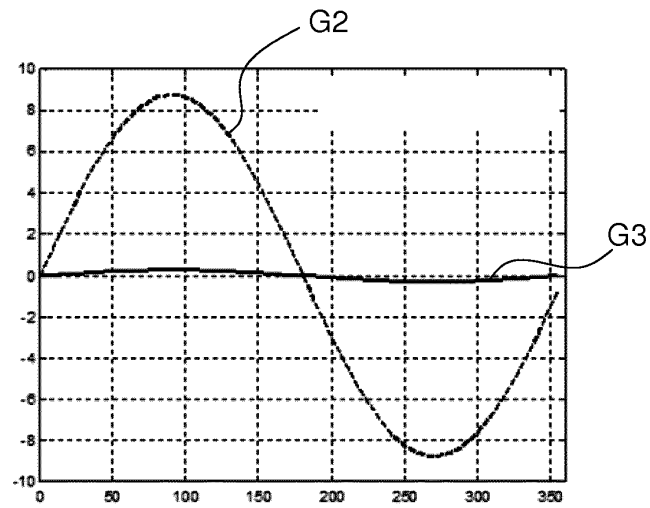


Fig. 5

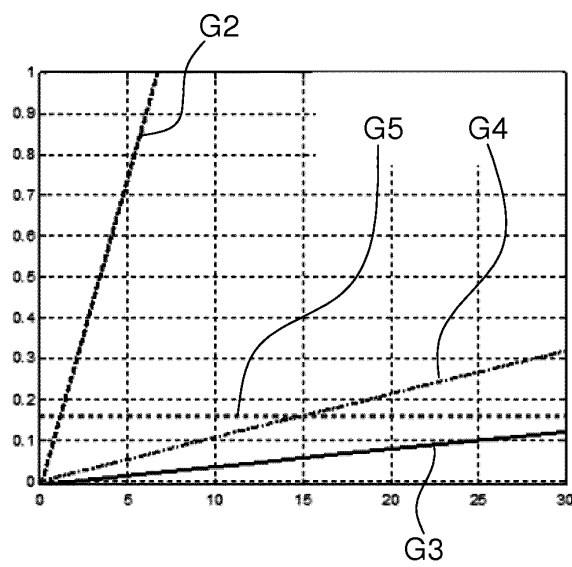


Fig. 6

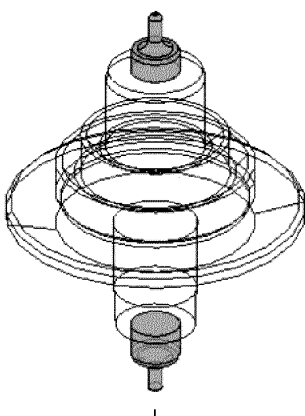
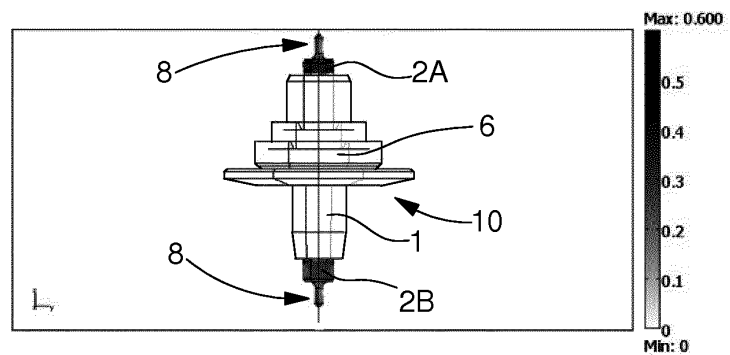


Fig. 7





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 13 16 1124

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	WO 2008/008258 A2 (RAM TECHNOLOGIES GROUP INC [US]; SYLVESTER LAURENCE M [US]) 17 janvier 2008 (2008-01-17) * page 4 - page 5; figures 1,8 * -----	1-3,5, 11-14	INV. G04B15/14 G04B17/32
X	US 3 683 616 A (STEINEMANN SAMUEL ET AL) 15 août 1972 (1972-08-15) * colonne 3, ligne 36 - colonne 4, ligne 14; figure 8 * * colonne 4, ligne 47-57 * -----	1,2,4,6, 9-14	
E	CH 705 655 A2 (ROLEX SA [CH]) 30 avril 2013 (2013-04-30) * alinéas [0016], [0023]; figure 6 * -----	1-6,8, 11-14	
A	WO 01/77759 A1 (DETRA SA [CH]; SCHWAB MICHEL [CH]; TU MAI XUAN [CH]) 18 octobre 2001 (2001-10-18) * page 4 - page 5; figures 1-6 * -----	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B G04C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 16 juillet 2013	Examineur Mérimèche, Habib
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03/82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 13 16 1124

16-07-2013

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2008008258 A2	17-01-2008	CA 2657885 A1 US 2007249762 A1 WO 2008008258 A2	17-01-2008 25-10-2007 17-01-2008
US 3683616 A	15-08-1972	CH 535989 A CH 1246668 A4 DE 1932257 A1 FR 2015873 A1 GB 1222460 A US 3683616 A	30-11-1972 30-11-1972 19-03-1970 30-04-1970 17-02-1971 15-08-1972
CH 705655 A2	30-04-2013	CH 705655 A2 WO 2013064390 A1	30-04-2013 10-05-2013
WO 0177759 A1	18-10-2001	AT 409895 T AU 3531401 A CN 1422397 A EP 1272906 A1 HK 1054796 A1 JP 2003530560 A US 2003090962 A1 WO 0177759 A1	15-10-2008 23-10-2001 04-06-2003 08-01-2003 11-08-2006 14-10-2003 15-05-2003 18-10-2001

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82